

**Evaluación de alternativas preventivas para el manejo de *Plasmodiophora brassicae*
Woronin en cultivos de crucíferas bajo las condiciones del municipio de Mutiscua.**

María Helena Castro Pineda

Geraldyné Martínez Pedraza

Facultad de Ciencias Agrarias

Departamento de Agronomía

Programa de Ingeniería Agronómica

Universidad de Pamplona

Pamplona, Agosto de 2019

**Evaluación de alternativas preventivas para el manejo de *Plasmodiophora brassicae*
Woronin en cultivos de crucíferas bajo las condiciones del municipio de Mutiscua.**

María Helena Castro Pineda

Geraldyné Martínez Pedraza

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Agrónomo**

Director

Cristhian Jair Villamizar

Codirector

Leónides Castellanos Gonzales

Facultad de Ciencias Agrarias

Departamento de agronomía

Programa de Ingeniería Agronómica

Universidad de Pamplona

Pamplona, Agosto de 2019

Dedicatoria

A Dios, porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome, iluminándome,
guiándome y dándome la fortaleza para continuar.

A mis padres Flor Pedraza y Oswaldo Martínez, porque sin ellos que son la fuerza que me motiva a cada día ser mejor este logro no hubiese sido posible, con mucho amor les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio hecho para que yo pudiera estudiar, se merecen esto y mucho más, ya que ustedes a lo largo de mi corta vida han velado por mi bienestar, porque a pesar de mis falencias siempre han depositado su entera confianza en cada reto que iba afrontando sin dudar en ningún momento de mis capacidades, mami, papi por ustedes soy lo que soy ahora.

A Jenny mi querida hermana y compañera de vida por ser mi apoyo incondicional, por ser mi consejera, mi alcahueta y mi más grande defensora.

A todos ustedes, con amor.

Geraldine Martínez

A Dios, porque mi fe esta puesta en él, ya que siempre ha guiado mi camino y mi otorga la fuerza y la salud para cumplir con mis metas.

A mis padres Alberto Castro y Rosa Pineda, porque me han apoyado incondicionalmente en el trascurso de mi vida, por el afecto y cariño que me demuestran a diario y por los consejos que me forjan para servir a la sociedad.

A mis hermanos por su compañía y apoyo en el trascurso de mi vida, ya que me han inculcado la perseverancia por cumplir los sueños.

María Helena Castro

Agradecimiento

A nuestro tutor Ing. Cristhian Villamizar por aceptar realizar este trabajo de investigación, por las ideas, conocimientos y por el apoyo brindado. Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro cotutor Dr. Leonides Castellanos por aportarnos sus opiniones para conducir por buen camino nuestra investigación, por su disponibilidad de tiempo en cada momento que lo necesitamos hasta poder culminar nuestro proyecto.

A la universidad de Pamplona por medio de la facultad de Ciencias Agrarias, puesto que debido a la formación brindada por los diferentes docentes pudimos desarrollar nuestro trabajo de grado.

Al señor Yesid Latorre propietario de las fincas donde desarrollamos la investigación, por su colaboración y disposición en la ejecución del proyecto.

A todos nuestros amigos que nos ayudaron para que el desarrollo de nuestra investigación se llevara a cabo.

Tabla de Contenido

Resumen.....	1
Introducción.....	2
1. Problema.....	3
1.1 Planteamiento y descripción del problema.....	3
2. Justificación.....	4
Delimitación.....	5
3. Objetivos.....	6
3.1 Objetivo General.....	6
3.2 Objetivos Específicos.....	6
4. Marco de Referencia.....	7
4.1 Antecedentes.....	7
5. Marco Contextual.....	9
5.1 Sector Agropecuario.....	9
6. Marco Teórico.....	10
6.1 Hernia de las crucíferas (<i>P. brassicae</i>).....	10
6.1.1 Clasificación Taxonomica.....	10
6.1.2 Los síntomas.....	11
6.1.3 Hospedantes:.....	12

6.1.4 Desarrollo de la enfermedad:	12
6.2 Coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis)	14
6.2.1 Clasificación Taxonomía	14
6.2.2. Morfología	14
6.2.3 Requerimiento climático.....	15
6.2.4. Establecimiento del cultivo:.....	15
6.2.5 Plagas:	15
6.2.6 Enfermedades:	16
6.3. <i>Bacillus subtilis</i> :	18
6.3.1 Cultivo a proteger	18
6.3.2 Enfermedades a controlar	19
6.4 <i>Trichoderma</i> sp.....	19
6.4.1 Mecanismos de acción de <i>Trichoderma</i> sp.....	20
Micoparasitismo:	20
6.4.2. Antibiosis:.....	21
6.4.3. Competencia:	21
6.5 <i>Burkholderia cepacia</i> :	21
6.5.1. Mecanismos de acción	21
6.6 Uso de la cal agrícola para el manejo de la hernia de las crucíferas	22
6.7 El empleo de enraizantes para el manejo de <i>P. brassicae</i>	24

7. Marco Legal	25
8. Metodología	26
Diseño experimental.....	27
Tratamientos en estudio.....	27
Evaluación del experimento	28
Incidencia de la enfermedad en la planta:.....	28
Severidad de la enfermedad en la planta:	29
Altura de la planta.....	29
Numero de hojas	29
Incidencia en raíces:.....	30
Severidad en raíces	30
Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE):	31
Análisis estadístico:	31
8.2 Comparación la eficacia de tratamientos biológicos combinados con enraizadores y cal agrícola para el control de <i>P. brassicae</i> en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea var italica</i>).	31
Tratamientos en estudio.....	32
Evaluación del experimento	33
Incidencia de la enfermedad en la planta:.....	33
Severidad de la enfermedad en la planta:	33

Altura de la planta.....	34
Número de hojas	34
Incidencia de la enfermedad en raíces:.....	34
Severidad de la enfermedad en raíces.....	35
Producción y rendimiento.....	35
Análisis estadístico:	36
9. Resultados y análisis	39
9.1 Comparación de la eficacia de tratamientos biológicos, enraizadores y cal agrícola para el control de <i>P. brassicae</i> en el cultivo de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var <i>Botrytis</i>).	39
Incidencia de la enfermedad.	39
Severidad de la enfermedad.....	40
Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).	41
Incidencia y Severidad en raíces.....	43
9.2 Comparación de la eficacia de tratamientos biológicos combinados con enraizadores y cal agrícola para el control de <i>P. brassicae</i> en el cultivo de brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var <i>itálica</i>).	45
Incidencia.....	45
Severidad en planta.....	46
Incidencia y severidad en raíz	49
Altura de la planta y número de hojas.	50

9.3 Valoración del el costo/beneficio de cada uno de los tratamientos evaluados en los ensayos.....	51
Producción y rendimiento.....	51
Discusión.....	53
10. Conclusiones	55
11. Recomendaciones.....	56
Anexos.....	61

Lista de Tablas

Tabla 1. Principales plagas y daños del cultivo del coliflor.....	15
Tabla 2. Principales Enfermedades y síntomas del cultivo de coliflor.	17
Tabla 3. Clasificación taxonómica de <i>B. subtilis</i>	19
Tabla 4. Clasificación Taxonómica de <i>Trichoderma harzianum</i>	20
Tabla 5. Clasificación taxonómica de <i>Burkholderia cepacia</i>	22
Tabla 6. Descripción del tratamiento y la dosis primer ciclo de siembra.	28
Tabla 7. Descripción de la escala, según síntomas en la planta.....	29
Tabla 8. Descripción de la escala según daños en las raíces.....	30
Tabla 9. Descripción tratamientos segundo ciclo de siembra.....	333
Tabla 10. Descripción de la escala, según síntomas en la planta.....	344
Tabla 11. Descripción de la escala según daños en las raíces.....	355
Tabla 12. Porcentaje de incidencia foliar en el Coliflor.....	399
Tabla 13. Porcentaje de severidad foliar en el Coliflor.....	40
Tabla 14. Porcentaje de incidencia y severidad foliar en el ABCPE.....	41
Tabla 15. Porcentaje de incidencia y severidad en raíz.	¡Error! Marcador no definido. 4
Tabla 16. Porcentaje de crecimiento en altura y número de hojas en el coliflor	455
Tabla 17. Porcentaje de Incidencia foliar en el Brócoli.	466
Tabla 18. Porcentaje de severidad foliar en el brócoli.....	467
Tabla 19. Porcentaje de incidencia y severidad foliar en el ABCPE.....	478
Tabla 20. Porcentajes de incidencia y severidad en la raíz del Brócoli	51
Tabla 21. Porcentaje de crecimiento en altura y número de hojas en el brócoli.....	51
Tabla 22. Producción y rendimientos en el cultivo de Brócoli	523

Tabla 23. Resumen financiero del cultivo de brócoli.	534
---	-----

Lista de figuras.

Figura 1 Ciclo Infeccioso de <i>Plasmodiophora brassicae</i> (Galdames, 2017).....	11
Figura 2 Raíz de coliflor afectada por <i>P. Brassicae</i> (Macape 2009)	13
Figura 3 Ubicación espacial parcela coliflor. Tomado de google Earth 2019	27
Figura 4. Ubicación espacial parcela brócoli. Tomado de google Earth 2019.....	32
Figura 5. Dinámica del ABCPE de la incidencia en la hernia de la coliflor.	42
Figura 6. Dinámica del ABCPE de la severidad de la coliflor.	43
Figura 7. Dinámica del ABCPE de la incidencia del brócoli.	44
Figura 8. Dinámica del ABCPE de la Severidad del brócoli.	50

Lista de anexos

Anexo 1. Raíz Sana	62
Anexo 2. Raíz con grado 1 de afección por <i>P. brassicae</i>	62
Anexo 3. Raíz con grado 2 de afección por <i>P. brassicae</i>	63
Anexo 4 Raíz con grado 3 de afección por <i>P. brassicae</i>	63
Anexo 5. Siembra del cultivar de brócol.	64
Anexo 6. Comparación de una planta con enraizante y una sin enraizante.	64
Anexo 7. Aplicación de productos biológicos.	65
Anexo 8. Plantas con síntomas iniciales de Hernia.	65

Resumen

Con el objetivo de evaluar alternativas preventivas para el manejo de *P. brassicae* en crucíferas, que es una problemática de gran importancia en la producción de estos cultivares en el municipio de Mutiscua y que hasta el momento no cuenta con un control ni una alternativa preventiva de manejo tanto a nivel regional como nacional, se comparó la eficacia de tratamientos biológicos, enraizadores, y cal agrícola en coliflor, teniendo como tratamientos y que son objetos de estudio tales como: *Trichoderma harzianum*, *B. subtilis*, Hormonagro, Cal y testigo; usando dosis comerciales estipuladas en la etiqueta del producto y dosis altas en un 50% a comparación del anterior, además de esto se comparó la eficacia de tratamientos biológicos combinados con enraizadores y cal agrícola en brócoli, teniendo como tratamientos objetos de estudio a Hormonagro, *B. subtilis* + Hormonagro, *T. harzianum* + Hormonagro, *Burkholderia cepacia* + Hormonagro, cal y testigo. De estos tratamientos se evaluaron incidencia y severidad para la planta, al igual que la raíz, área bajo la curva del progreso de la enfermedad, variables morfoagronómicas como altura de la planta y número de hojas; para cada tratamiento se evaluaron 20 plantas completamente al azar, y por último se valoró el costo beneficio de cada uno de estos tratamientos, según los resultados obtenidos, el mejor tratamiento para disminuir la afectación de *P. brassicae* en las crucíferas fue *B. subtilis* combinado con el enraizante, puesto que su acción individual no tiene los mismos efectos.

Introducción.

El hongo de *P. brassicae*, causante de la enfermedad comúnmente llamada Hernia el cual afecta solo a las plantas de la familia de las crucíferas (coliflor, brócoli, repollo), causando afecciones en las raíces al propiciar la elongación y división celular en los hipocotilos de la raíz y la formación de agallas en las raíces de las plantas. Como resultado, las plantas infectadas no pueden obtener suficiente agua o nutrientes (Pengjie, y otros, 2019), las raíces pueden ser infectadas en laboratorio a los 5 días (Ruiqin, y otros, 2018), de su inoculación demostrando la rapidez que tiene este patógeno en afectar a su huésped.

Las crucíferas, son un grupo de especies hortícolas, tanto por el área sembrada, como por el valor de su producción. Las crucíferas de mayor importancia económica son brócoli y coliflor seguido del repollo y la col china. Presentan una actividad económica de vital importancia por el papel que juega en la seguridad alimentaria de la población, además ha tenido en los últimos años una demanda creciente por factores relacionados con la salud y el cuidado de la figura (Jaramillo & Díaz, 2006).

El municipio de Mutiscua Norte de Santander, cuya característica principal es la siembra de hortalizas entre ellas las crucíferas como: brócoli, coliflor y repollo (Mutiscua, 2018). Ha sido afectado por el patógeno de *P. brassicae*, ocasionando con ello pérdidas a los agricultores, al llegar a devastar gran parte de estos cultivos he impidiendo volver a sembrar en ellos especies susceptibles. Debido a esto se ha disminuido en algunas veredas el área de siembra de dichos cultivos ocasionando una falta de oferta y con llevando a que los precios aumenten.

Hasta el momento esta enfermedad no tiene un control efectivo, es por esto que algunas alternativas de manejo como prevención son: el uso de *Trichoderma* puesto que es un hongo antagonico con microorganismos patógenos de las plantas por su capacidad para producir

secreciones enzimáticas tóxicas extracelulares que causan desintegración y muerte en hongos fitopatógenos (Villegas , 2015); *B. Subtilis* teniendo en cuenta que es una bacteria antagonica la cual produce metabolitos de tipo secundario, con propiedades antifungicas, supresores efectivos contra diversos fitopatógenos (Ariza & Sanchez , 2012); *Bulkolderia cepacia*, la cual es considerada como una bacteria atractiva por su poder antagonico para el control de patógenos, además de tener propiedades como estimulador de crecimiento vegetal (Toledo, Hernández, Alvarez, Martín, & Márquez, 2002).

1. Problema.

1.1 Planteamiento y descripción del problema

La actividad económica del municipio de Mutiscua, radica principalmente en los cultivos transitorios especialmente las hortalizas entre ellas los cultivos de brócoli y coliflor, el cual según reportes estadísticos de la alcaldía municipal, el área sembrada con respecto a la cosechada ha disminuido en un 10% (MINAGRICULTURA, 2018),y sigue en crecimiento debido al problema fitosanitario causado por el patógeno *P. brassicae*, el cual ha llegado a causar pérdidas en las áreas sembradas, a nivel mundial nacional y hasta el momento no se conoce ningún tipo de control, que pueda disminuir el daño causado por la presencia de este patógeno.

En consecuencia, de esto se han disminuido las áreas de siembra destinadas a cultivares como: brócoli, coliflor y repollo, debido a las esporas que permanecen en reposo hasta 20 años (Galdames, 2017), esperando a un hospedero, para iniciar su ciclo reproductivo.

Por las razones anteriores se plantea la siguiente pregunta de investigación

¿Cuál tratamiento, es el más viable como alternativa para el manejo preventivo de *P. brassicae* en cultivos de crucíferas?

2. Justificación

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica de municipio de Mutiscua, este cuenta con una gran extensión del páramo de Santurban, limitando con este los cultivos de hortalizas donde se encuentra la problemática fitosanitaria de esta investigación. Es por este motivo que se pretende evaluar diferentes alternativas amigables con la capa edáfica. Esperando con estas mitigar los daños causados por este patógeno.

Una causante de la diseminación de patógeno *P. brassicae* en la zona, tiene que ver con las malas prácticas agrícolas que manejan los agricultores en las diferentes veredas y en la forma en que ellos tratan de mitigar esta problemática, en muchas ocasiones estas prácticas atentan contra la fauna micro y macrobiótica del suelo, generando así un impacto negativo referente a la fertilidad de este.

Se han propuesto algunas alternativas preventivas de manejo como: el uso de *Trichoderma* (Botero, 2016) y *B. subtilis* (Pengjie, y otros, 2019), para el manejo de la enfermedad y los resultados son aún inconsistentes y a veces contradictorios, por lo que se ha recomendado profundizar y realizar más investigaciones para comprobar en cada localidad la eficacia de estos antagonistas en función de las condiciones edafoclimáticas, el sistema de manejo agronómico de los agricultores, las especies, variedades de crucíferas, el potencial de inóculo del fitopatógeno en el suelo y la capacidad de las cepas de los antagonistas de realizar su efecto biocontrolador. En ese sentido no se han realizado investigaciones bajo las condiciones de Mutiscua

La acción de *Trichoderma* se hace necesaria ya que es un hongo antagónico contra microorganismos patógenos de las plantas, por su capacidad para producir secreciones enzimáticas tóxicas extracelulares que causan desintegración y muerte en hongos fitopatógenos

(Villegas , 2015) y también de nemátodos (Perez, Castellanos, & Almarales, 2010);sobre *B. subtilis*, teniendo en cuenta que es una bacteria que aunque no se recomienda en la literatura contra *P. brassicae* es considerada como una bacteria atractiva por su poder antagónico para el control de patógenos, además de tener propiedades como estimulador de crecimiento vegetal (Toledo, Hernández, Alvarez, Martín, & Márquez, 2002).

Delimitación

Con esta investigación se conocieron alternativas preventivas para el manejo de la enfermedad hernia (*P. brassicae*) en algunas crucíferas sembradas en el municipio de Mutiscua.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar alternativas para el manejo preventivo de *P. brassicae* en coliflor (*Brassica oleracea* var *Botrytis*) bajo las condiciones del municipio de Mutiscua.

3.2 Objetivos Específicos

Comparar la eficacia de tratamientos biológicos, enraizadores y cal agrícola para el control de *P. brassicae* en el cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var *botrytis*).

Comparar la eficacia de tratamientos biológicos combinados con enraizadores y cal agrícola para el control de *P. brassicae* en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var *itálica*).

Valorar el costo/beneficio de cada uno de los tratamientos evaluados en los ensayos.

4. Marco de Referencia

4.1 Antecedentes

Andrea Botero en el 2016 buscó evaluar el efecto de *Trichoderma asperellum* cepa Th034, *T. brevicompactum* cepa Th201 y *T. koningiopsis* cepa Th003 sobre la reducción de la hernia en repollo ‘Delus’. Para tal fin se llevaron a cabo experimentos en cuarto de crecimiento de plantas y en un campo infestado. Para los ensayos en cuarto de crecimiento de plantas, se emplearon dos concentraciones del patógeno, y *Trichoderma* se aplicó una o dos veces; la enfermedad se evaluó 60 días después de la inoculación. Para los ensayos en campo *Trichoderma* se aplicó una, siete o 14 veces durante el ciclo, y se llevaron a cabo evaluaciones de la enfermedad cada dos semanas.

En condiciones controladas, se observó disminución de la enfermedad únicamente en bajas concentraciones del patógeno; la mayor reducción de la enfermedad se encontró con una sola aplicación de *T. koningiopsis* y *T. brevicompactum*. La reducción de la enfermedad por parte de *T. asperellum* fue proporcional al número de aplicaciones efectuadas. Los resultados observados en campo no fueron tan concluyentes como los observados en condiciones controladas; no obstante, se observó disminución de la enfermedad cuando *T. brevicompactum* se aplicó 14 veces en el ciclo. De los resultados puede concluirse que *T. brevicompactum* exhibe potencial para el manejo de la hernia cuándo se aplica frecuentemente, mientras que cepas de *T. brevicompactum* o *T. koningiopsis* pueden ser potenciales para el manejo de la enfermedad en densidades bajas de inóculo del patógeno (Botero, 2016).

Según Pengjie et al, 2019 evaluaron la efectividad de diferentes períodos de control para la enfermedad del club de la raíz (hernia de las crucíferas) en la col China . Una cepa muy potente de *B. subtilis* , XF-1, que se aisló de la rizosfera de coles chinas con severa “clubroot” en el distrito de Guandu de Kunming, provincia de Yunnan, China, tuvo fuertes efectos inhibitorios

tanto en la supervivencia como en la germinación de las esporas en reposo de *P. brassicae*. Se evaluaron varias estrategias para administrar de manera eficiente el “clubroot” de la raíz en la col china, y se investigaron diferentes mecanismos. La capacidad de los pelos de la raíz del repollo chino para reducir la infección por *P. brassicae* en el crecimiento y la eficiencia de la colonización de XF-1 en raíces de plántulas también se estudió. Las respuestas a la supresión del “clubroot” aumentaron con el aumento de la edad de las plántulas en condiciones de macetas y campos, y la tasa de pelo de la raíz no infecciosa aumentó con la inoculación de patógenos, lo que sugiere que la edad de las plántulas afecta la infección por *P. brassicae*. La aplicación del cultivo líquido de *B. subtilis* XF-1 para el tratamiento durante las etapas de desarrollo de las plántulas de col chinas infectadas disminuyó gradualmente el efecto de control. Por otra parte, empapando las semillas con B. El cultivo de *B. subtilis* XF-1 redujo la tasa de incidencia de la enfermedad del club de la raíz y la incidencia de la enfermedad en un 40% y 69%, respectivamente. Estos resultados indican que la prevención y el tratamiento por *B. subtilis* XF-1 en una etapa temprana es la mejor manera de reducir el daño causado por la enfermedad del club de la raíz.

En el caso de *Burkholderia cepacia* no tiene un registro como tal en control para *P. brassicae*. Pero según, Doncel M & Cordero, 2017 evaluaron la actividad anfifúngica de *B. Cepacia* contra el hongo el *Colletotrichum gloeosporioides* la cual inhibe el crecimiento micelial y la germinación de la espora entre un 41 y 100%, comprobando así su actividad antifúngica, esta bacteria ha sido utilizada como promotora de crecimiento vegetal en diferentes cultivos de interés comercial y como agente de biocontrol de fitopatógenos.

5. Marco Contextual

El Municipio de Mutiscua se encuentra ubicado a 25 kilómetros de Pamplona y a 102 kilómetros de Cúcuta, Capital del Departamento. Dentro de las características generales del municipio, este tiene una superficie con una extensión de 159 Km², donde según datos del Departamento Nacional de Planeación - DNP a 2015, el área del municipio representa el 0,7% sobre el área departamental y el 0,014% de la extensión total del país; su densidad poblacional es de 24 habitantes por cada kilómetro cuadrado (24 hab/ km²).

Esta región es montañosa con una altitud promedio de 2.650 MSNM y su temperatura es de 14 °C. Es una tierra fértil donde se cultiva gran variedad de productos propios de este clima entre los cuales se destacan a nivel nacional, el cultivo de hortalizas y truchas siendo Mutiscua el primer productor a nivel nacional de Apio España (Mutiscua, 2018).

5.1 Sector Agropecuario

El Municipio de Mutiscua es netamente agrícola, y este sector se basa en la siembra de hortalizas, y tubérculos a menor escala, los cuales son comercializados de manera indirecta a través de intermediarios que compran estos productos directamente a los agricultores campesinos para luego venderlos a los mercados de las ciudades de Bucaramanga, Cúcuta y Pamplona principalmente. En Mutiscua, no se ha evidenciado desarrollo tecnológico en los procesos agrícolas, ya que todo el proceso se realiza de igual manera que hace unos años, sin tener en cuenta el deterioro de los suelos y el ecosistema.

Los cultivos transitorios que generan la mayor fuente de ingresos en el Municipio de Mutiscua, según informe de los Consejos Seccionales de Desarrollo Agropecuario en el 2013 son: La zanahoria, la arveja, la remolacha, el apio España, la lechuga, la papa amarilla, la coliflor, el repollo, la papa negra y el brócoli (Mutiscua, 2018).

La vereda en la que se realizó el proyecto fue el sucre, debido a la problemática que enfrenta por el hongo *P. brassicae* el cultivo coliflor se estableció en el sector las tiendas.

6. Marco Teórico

6.1 Hernia de las crucíferas (*P. brassicae*): es un protozoo que se comporta como parásito obligado. En su ciclo de vida se distinguen diferentes estructuras biológicas: esporas de resistencia, zoosporas, plasmodios y zoosporangios. Las esporas de resistencia son las estructuras esenciales en la sobrevivencia y diseminación del patógeno. Una vez que éstas llegan al suelo, pueden sobrevivir casi 20 años en ausencia de un hospedero, sin embargo, pueden iniciar su germinación rápidamente en presencia de un hospedero susceptible. Al germinar, forman esporas móviles (zoosporas) que, en suelos con alta humedad, encuentran condición óptima para infectar nuevas plantas.

En las raíces infectadas se forma una estructura microscópica conocida como plasmodio, que invade las células de las raíces conduciendo a la formación de tumores o agallas. Posteriormente, se produce una nueva generación de zoosporas que reinfectan las raíces y plantas cercanas, tornándose el proceso de infección invasivo con la formación de nuevos plasmodios. Las agallas formadas en las raíces de las plantas infectadas se descomponen y nuevamente las esporas de resistencia llegan al suelo (Galdames, 2017).

6.1.1 Clasificación Taxonomica

Dominio: eukaryota

Reino: Protista

División: Myxomycota

Phylum: Protozoa
 Clase: Plasmodiophoromycetes
 Orden: Plasmodiophorales
 Familia: Plasmodiophoraceae
 Género: *Plasmodiophora*
 Especie: *P. brassicae*

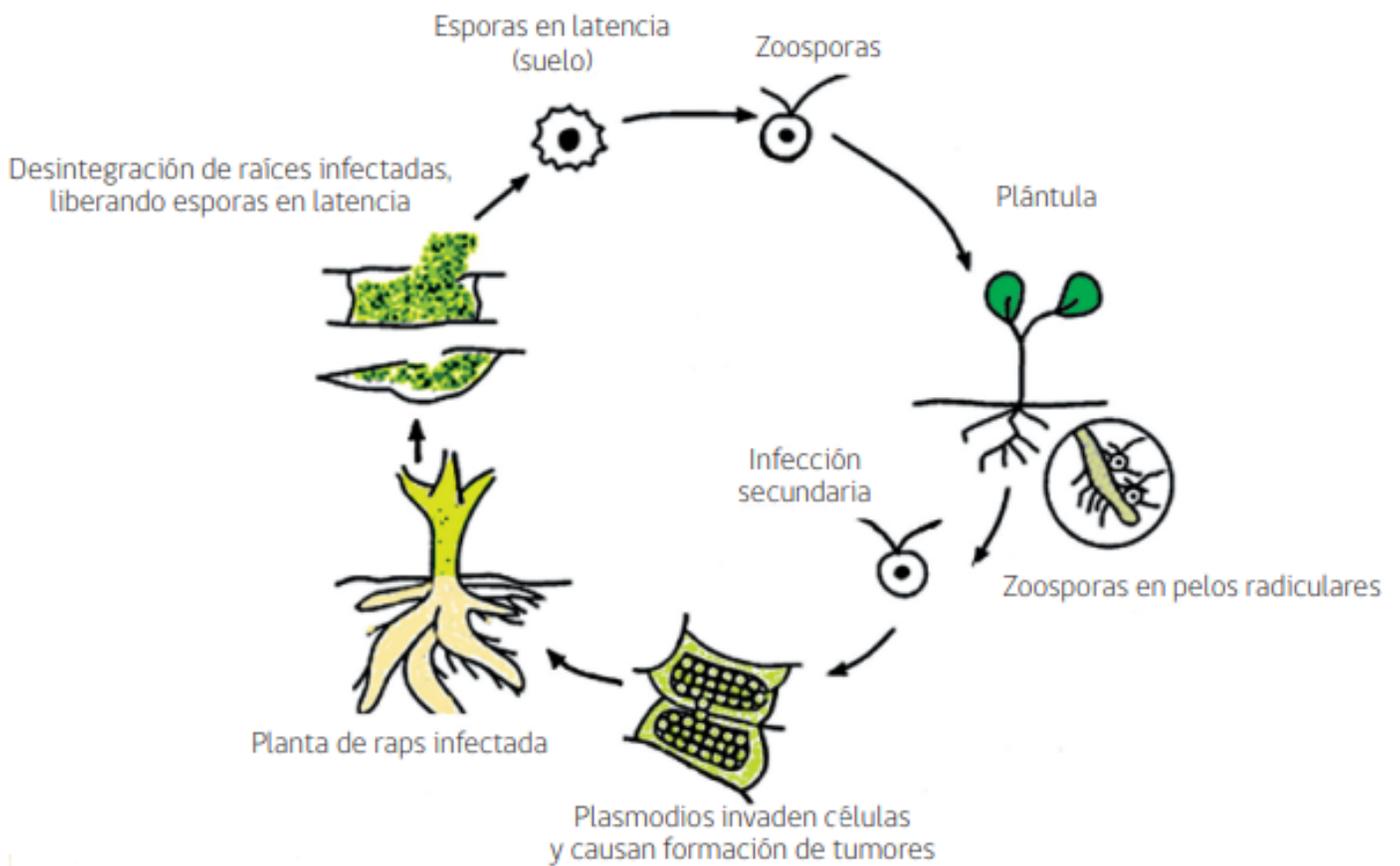


Figura 1 Ciclo Infeccioso de *P. brassicae* (Galdames, 2017)

6.1.2 Los síntomas: Las plantas infectadas al principio tienen una hoja de color verde pálido a amarillento. Más tarde, las plantas infectadas muestran marchitamiento en días calurosos y soleados, recuperándose durante la noche. Las plantas jóvenes pueden morir pronto por la

enfermedad después de la infección, mientras que las plantas más viejas pueden permanecer vivas pero se atrofian y no producen cabezas comercializables. Los síntomas más característicos de la enfermedad es que aparecen en las raíces unas inflamaciones en forma de huso, esféricas, nudosas o en forma de hernias. Las hinchazones pueden ser pocas y aisladas o pueden unirse y cubrir todo el sistema radicular (Agrios, 2005).

6.1.3 Hospedantes: esta enfermedad afecta a las especies de la familia Brassicaceae, que incluyen hortalizas como el repollo, brócoli, repollo chino y forrajeras como el nabo forrajero, col forrajera, nabo de hoja y nabo de raíz, entre otras (Galdames, 2017).

6.1.4 Desarrollo de la enfermedad: La única zoospora producida a partir de esporas en reposo penetra en los pelos de la raíz y se desarrolla en un plasmodium. Después de unos días, el plasmodio se divide en porciones multinucleadas, se desarrollan en un zoosporangio que contiene de cuatro a ocho zoosporas secundarias. Las zoosporas se descargan fuera del hospedador a través de poros disueltos en la pared celular del hospedador. Algunas zoosporas se fusionan en pares para producir cigotos, los que puede causar nuevas infecciones y producen nuevos plasmodios. Estas zoosporas penetran directamente en los tejidos de las raíces jóvenes, mientras que las raíces más viejas y engrosadas y los tallos subterráneos son penetrados a través de heridas, desde estos puntos de primaria infección, el plasmodium se propaga a las células corticales y al cambium por penetración directa. Cuando Alcanza el cambium, el plasmodium se propaga en todas las direcciones hacia el interior de la corteza y hacia adentro hacia la xilema (Agrios, 2005).

A medida que los plasmodios pasan a través de las células se van establecido en algunas de las raíces, que se estimulan para agrandar, dividir de forma anormal, y llegar a ser cinco o más

veces el tamaño normal.



Figura 2. Raíz de coliflor afectada por P. Brassicae (Macape 2009)

Las células infectadas de una hernia, resultan en pequeños grupos a lo largo del tejido enfermo, y los grupos suelen estar separados por células no infectadas, raramente se infectan todas las células de una hernia; generalmente, solo alrededor del 30% del tejido está ocupado por plasmodium. Sin embargo, incluso las células no invadidas de los tejidos enfermos se estimulan a crecer de forma anormal. Las hernias infectadas con plasmodio no solo utilizan mucho de los alimentos necesarios para el crecimiento normal de la planta, también interfieren con la absorción y translocación de nutrientes minerales y agua a través del sistema radicular esto da lugar a un retraso gradual en el crecimiento y al marchitamiento de las partes aéreas de la planta, además, el rápido crecimiento de las células agrandadas de los tejidos de la hernia son incapaces

de formar una capa de corcho en su superficie y son fácilmente rotas e invadido por microorganismos secundarios, débilmente parasitarios (Agrios, 2005).

6.2 Coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)

6.2.1 Clasificación Taxonomía

Reino: Vegetal

Sub-reino: Fanerógamas

División: Spermatophita

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Archiclamydeas

Orden: Rhoadales

Familia: Crucífera

Género: *Brassica*

Especie: *Brassica oleracea* var. *botrytis*

6.2.2. Morfología: La coliflor común posee una raíz principal gruesa, de un diámetro que, en el máximo de su desarrollo, alcanza entre 4 y 8 cm. De ella salen abundantes raíces secundarias que raramente se ramifican, por lo que su sistema radicular es bastante reducido en comparación con la parte aérea. La parte exterior está formada por un grueso tallo de 4 a 8 cm de diámetro, de escasa longitud, en el que se insertan grandes hojas, de 25 a 50 cm, cuyo número oscila de 7 a 20, según las variedades y que protegen a la inflorescencia del sol. De que las hojas recubran más o menos las inflorescencias depende, en gran parte, la buena o mala coloración de las pellas. Los colores de las hojas van desde el azulado al verde. Su forma puede ser lanceolada o redondeada, según las variedades y estar más o menos erectas. A veces, aparecen algunas con los

bordes del limbo rizado, si bien, por lo general, éste es liso. Sin embargo, todas se caracterizan por poseer un nervio central muy acusado del que nacen otros laterales más pequeños (Cotrina, 2003).

6.2.3 Requerimiento climático: La coliflor requiere de temperaturas frescas mensuales de 15 a 20 °C (59 a 68 °F) pudiendo soportar heladas, pero de preferencia que no se presenten temperaturas congelantes. Tampoco tolera altas temperaturas. Las altas temperaturas traen como consecuencia una pobre calidad para la producción de la inflorescencia (cabezas) tornándose amarillentas y flojas. También requiere de humedad alta (clima lluvioso y fresco) (Zamora, 2016).

6.2.4. Establecimiento del cultivo: El cultivo de la coliflor se establece generalmente por trasplante. El trasplante se realiza cuando la plántula de coliflor presenta de 3 a 4 hojas verdaderas lo cual ocurre regularmente en almácigos bajo invernaderos o en campo a los 30 días después de la siembra (Zamora, 2016).

6.2.5 Plagas: Son varias las plagas que puede atacar al cultivo de la coliflor. En su parte aérea se pueden encontrar orugas, pulgón, y caracoles o babosas. Como plagas del suelo están: mosca, ceutorrynchus o falsa potra y los genéricos: gusano de alambre, gusano gris y nematodos (García, 2009).

Tabla 1. Principales plagas y daños del cultivo de la coliflor

Plaga	Nombre Científico	Daño
Muques	<i>Copitarsia consueta</i> (walker)	Los dos últimos instares larvales son los que hacen el daño, porque consumen la mayor cantidad de follaje cortando tallos y ramas

		tiernas, si no se controlan, pueden destruir un cultivo joven en tiempo muy corto, sobre todo si actúan como gusano ejército.
Cogollero	<i>Spodoptera</i> sp.	Se presenta frecuentemente como tierrero o comedor de follaje en hortalizas en clima medio y cálido.
Áfidos o pulgones	<i>Myzus persicae</i>	Succionan la savia de las plantas, causando encrespamiento de las hojas, amarillamiento y muerte de plantas.
Babosas y caracoles	<i>Deroceras reticulatum</i> <i>Limax marginatus</i>	Estos moluscos causan daño al follaje, tubérculos y raíces de las plantas.

Adaptado de (Ica, 2012) .

6.2.6 Enfermedades: Como enfermedades aéreas más extendidas en el cultivo de coliflor están: *Mildíu* y *Botrytis*. A nivel de suelo, salvo alguna presencia esporádica de *Sclerotinia*, son los llamados “hongos de cuello” los más importantes (García , 2009).

Tabla 2. Principales Enfermedades y síntomas del cultivo de coliflor.

Nombre de la enfermedad	Nombre Científico	Síntomas
Antracnosis	<i>Colletotrichum corda</i>	La enfermedad se caracteriza por presentar manchas bien definidas, de color pardo oscuro sobre tallos, hojas cotiledonales, las cuales reducen su capacidad fotosintética.
Alternaria	<i>Alternaria nees</i>	Formando lesiones foliares con anillos concéntricos de color purpura, el cual disminuye la capacidad fotosintética.
Botrytis	<i>Botrytis cinerea</i>	El hongo afecta principalmente las flores y causa pudrición en los frutos, también puede causar la pudrición de cogollos y tallos
Mildeo velloso	<i>Peronospora corda</i>	La aparición de pequeños puntos amarillos de forma irregular en el haz de las hojas, mientras que en el envés

Pudrición blanca*Sclerotinia fuckel*

aparecen las estructuras del hongo, de color gris azulado. Los primeros síntomas como manchas acuosas generalmente en la base del tallo, un crecimiento algodonoso de color blanco del micelio del hongo se desarrolla en las lesiones y el tejido infectado se vuelve suave y acuoso.

Adaptado de (Ica, 2012)**6.3. *Bacillus subtilis*:**

Es una bacteria Gram positiva, tiene la habilidad para formar una resistente endospora protectora, permitiendo al organismo tolerar condiciones ambientalmente. Tiene una actividad fungicida natural, y es empleado como un agente de control biológico. *B. subtilis* provee un control efectivo de enfermedades causadas por hongos y bacterias. El compuesto bioquímico presente en este producto combate los agentes patógenos por su modo de acción. Posee alto espectro de acción (aplicación foliar y radicular) (Marcela, 2010)

6.3.1 Cultivo a proteger: Brócoli, cebolla, ajo, especias, flores, fresas cucurbitáceas, lechuga, manzana, pera, papa, tomate, jitomates, chiles, uvas, zanahoria, caña de azúcar, palma aceitera, plátano entre otras (Marcela, 2010).

6.3.2 Enfermedades a controlar: Pudrición sureña, *Sclerotium rolfsii*, Mildew, Roya de la hoja, *Puccinia porri*, *Alternaria porri*, Pudrición coranaria de la raíz, *Peronospora destructor*, Tizón bacteriano, Antracnosis, *Colletotrichum spp*, *Erwinia*, Cenicillas, *Oidium*, *Erisyphe*, *Sphaerotheca macularis*, *Alternaria solanii*, *Phytophthora*, Moho blanco entre otros. (Marcela, 2010)

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *B. subtilis*

Clasificación taxonómica	
Reino	Bacteria
Filo	Firmicutes
Clase	Bacilli
Orden	Bacillales
Familia	Bacillaceae
Género	<i>Bacillus</i>
Especie	<i>B. subtilis</i>

6.4 *Trichoderma sp.*

Es reconocido por ser utilizado como controlador biológico, al expresar una capacidad micoparasítica sobre algunos hongos fitopatógenos. Adicionalmente, *Trichoderma* es antagonista de microorganismos fitopatógenos debido a la capacidad de sintetizar enzimas hidrolíticas que generan la muerte en hongos fitopatógenos habitantes del suelo, pero además es un buen competidor por oxígeno, nutrientes y espacio debido a su buena adaptabilidad y rápido crecimiento (CÁRDENAS, 2010)

Tabla 4. Clasificación Taxonómica de Trichoderma harzianum
Clasificación taxonómica

Reino	Fungi
Filo	Firmicutes
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Hypocreaceae
Género	<i>Trichoderma</i>
Especie	<i>T. harzianum</i>

El modo de acción de *Trichoderma* está asociado a la descomposición de la materia orgánica que hay en el suelo y por el antagonismo con microorganismos patógenos a las plantas usando procesos de amensalismo, depredación, parasitismo y competición, y por su hiperparasitismo.

6.4.1 Mecanismos de acción de *Trichoderma* sp.

Micoparasitismo: Es considerado el mecanismo de acción más importante, ya que es un proceso complejo donde está involucrada la producción de enzimas líticas tales como quitinasas, glucanasas, celulasas, xylanases, laminarinasas, esterases, glucosidasas, lipasas y proteasas. En el micoparasitismo la hifa de *Trichoderma* entra en contacto con la hifa del hongo patógeno e inicia un crecimiento alrededor de la hifa, y por acción enzimática comienza la degradación de la hifa del patógeno; posteriormente, ocurre penetración por parte del hongo antagonista, causando degradación celular, rompimiento hifal y destrucción total de la hifa del patógeno (Castro & Rivillas, 2012).

6.4.2. Antibiosis: La actividad antibiótica como tal, se refiere a los compuestos no volátiles, dentro de los cuales existe un gran número de compuestos de importancia en la actividad biorreguladora de patógenos, algunos de ellos son harzianolida, alameticina, tricolina, viridina, gliovirina, gliotoxina, 6-pentil- α - pirona, isonitrina, trichodermina, suzucacilina y trichorzianina. Estos compuestos juegan un papel importante inhibiendo el crecimiento y desarrollo de microorganismos patógenos (Castro & Rivillas, 2012).

6.4.3. Competencia: La competencia por espacio o por nutrientes ha sido considerada uno de los mecanismos clásicos de biocontrol de *Trichoderma*. Este hongo tiene una rápida tasa de desarrollo, lo que hace que sea un fuerte competidor por espacio, a la hora de colonizar la rizosfera. Por otra parte, *Trichoderma* tiene una capacidad superior de movilizarse y tomar los nutrientes del suelo, siendo muy versátil para utilizar sustratos como fuente de carbono y nitrógeno, lo que le permite colonizar un medio rápidamente, evitando la proliferación de otros microorganismos en el mismo hábitat (Castro & Rivillas, 2012).

6.5 *Burkholderia cepacia*:

Es una bacteria muy atractiva y de considerable atención por su versatilidad genética, apareciendo como patógeno de plantas, saprofítico, biorremediador y agente de biocontrol en cultivos de interés agrícola.

6.5.1. Mecanismos de acción: se destacan el aumento de la toma de agua y nutrientes por la planta, la producción de fitohormonas y el biocontrol de patógenos. Es una proteobacteria que se ha caracterizado por ser un efectivo controlador biológico, promotor de crecimiento vegetal; juega un papel importante en la descontaminación del suelo y aguas subterráneas, razón por la cual se le ha considerado como una buena alternativa en la biorremediación de suelos contaminados con pesticidas (Cardenas, 2007).

Tabla 5. Clasificación taxonómica de *Burkholderia cepacia*

Clasificación taxonómica	
Reino	Bacteria
Filo	Proteobacteria
Clase	Betaproteobacteria
Orden	Burkholderiales
Familia	Burkholderiaceae
Género	<i>Burkholderia</i>
Especie	<i>B. cepacia</i>

Así mismo, se ha destacado la acción de *B. cepacia* como antagonista y represor de patógenos del suelo, como aquellos pertenecientes al género *Fusarium* sp., por medio de un mecanismo de antibiosis que desintegra el micelio del patógeno impidiendo su proliferación (Cardenas, 2007).

6.6 Uso de la cal agrícola para el manejo de la hernia de las crucíferas

Heinrich y Stone (2014), demostraron que el encalado del suelo es un método efectivo para reducir la incidencia y severidad del patógeno *P. brassicae* Woronin, ya que se busca tener un pH de 7,1 en los suelos y aunque no elimina al patógeno reduce la infección de la planta.

Donald et al, (2004) Probaron la eficiencia de diferentes granulometrías de calcio cianamida y calcáreo en el control de la hernia de las crucíferas y verificaron que las granulaciones más finas del producto, en suelos contaminados de Australia, fueron más eficientes en el control de la enfermedad y proporcionaron aumento de producción de brócoli, cuando se aplica hasta siete días antes del trasplante de las mudas. Este autor señala que el aumento de pH de suelo no elimina el patógeno de suelos contaminados, pero interfiere en el proceso de infección radicular, o sea, en

la fase inicial de la enfermedad, y que las partículas más finas de los productos son más eficientes por reaccionar mejor con las superficies de las partículas del suelo, proporcionando un aumento de pH más eficiente. Pero el exceso de calado también puede perjudicar a los huéspedes, impidiendo la absorción de otros nutrientes por la planta, dejándolos debilitados.

Niwa et al, (2007) También coinciden en que el tamaño de las partículas de los materiales añadidos al suelo, para modificar su pH, son fundamentales para el control de la *P. brassicae*, pues partículas más finas, promueven una distribución más uniforme del producto y consecuentemente mejor uniformidad del pH del suelo, no siendo el calcio agregado, también presente en materiales orgánicos, el mayor responsable de supresividad de la enfermedad. Estos autores también relatan que no toda la materia orgánica añadida al suelo es capaz de interrumpir el desarrollo de *P. brassicae*, y que los materiales ricos en calcio promueven mayor supresividad del suelo, sin embargo, el efecto del calcio se puede mejorar en presencia de pH cerca de la neutralidad (7,0) o limitado en de pH bajo, siendo por lo tanto el factor pH el mayor responsable por el desarrollo o no de la enfermedad.

En lotes infestados, las prácticas de control son a largo plazo. Una de ellas aplicar cal al suelo, con el fin de subir el pH a valores de 7 a 7,5 con los cuales se inactiva el patógeno. La eficiencia de esta práctica depende de la calidad de la cal utilizada y del suelo. Hay suelos que fácilmente responden a la aplicación de cal, pero otros no, de ahí la necesidad de establecer la curva de encalamiento del mismo con el fin de decidir si se justifica o no su uso (Velandia, 1992). El ajuste de pH se debe hacer mínimo a 6 semanas antes de establecer el cultivo (ICA, 2012)

Bajo cualquier dosis de gallinaza, se obtuvo un mejor control de *P. brassicae* con la gallinaza pura que con la gallinaza de piso. · Se obtuvo una relación inversa entre el índice de la enfermedad y la dosis de gallinaza aplicada al suelo, para la gallinaza de piso. Con la gallinaza pura no se

observó efecto significativo del aumento de la dosis, por lo que se recomienda aplicar dosis moderadas de 100 a 200 g/planta (Velandia, Galindo y Avila, 1998).

Experimentalmente se ha logrado reducir la severidad de la hernia del repollo con aplicaciones de gallinaza pura (200 a 400g /planta) al momento de la siembra, sin embargo, otros autores no lo aconsejan, porque favorece el desarrollo de la enfermedad y no siempre se corresponde con las buenas prácticas (IIAP, 2014).

6.7 El empleo de enraizantes para el manejo de *P. brassicae*

La aplicación de un enraizante Fortiraíz (Ecoagro, 2014) a una dosis de 4,5 g/L para el manejo de la hernia de las crucíferas en brocoli en Ecuador, produjo buenos resultados alentadores, al mantener la incidencia de la enfermedad en 10,63 % alcanzando las plantas mayor altura y mayores rendimientos que los testigos que alcanzaron entre 14 y 17 % de incidencia de la enfermedad por lo que fue recomendado para disminuir la incidencia de la enfermedad e incrementar la productividad del cultivo de brócoli (Telenchana, 2015).

Hormonagro® presenta dos formulaciones en el mercado a base de la auxina Ácido Naftalenacético (ANA), una sólida altamente concentrada ideal para aplicaciones directas en estacas y promover así la diferenciación del sistema radicular y una formulación líquida con la dosis balanceada para facilitar las aplicaciones foliares en otros cultivos y en otras etapas fenológicas (La República, 2019).

7. Marco Legal

Resolución 3168 de 2015 (septiembre 7): por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación de semillas producto de mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones.

Según la Resolución 030021, Artículo 2. AMBITO DE APLICACIÓN. Las disposiciones establecidas en la presente resolución serán aplicadas a todas las personas naturales o jurídicas que posean a cualquier título, cultivos vegetales como frutas, hortalizas, nueces, café, cacao y aloe vera en producción primaria cuando sea para el consumo humano, que deseen certificar el predio productor en buenas prácticas agrícolas.

Es importante la certificación de las diferentes fincas en buenas prácticas agrícolas (BPA) para así mitigar la diseminación del patógeno causante de la problemática limitante del cultivo de crucíferas en el municipio de Mutiscua.

Capítulo VI. Trabajo de grado:

Artículo 35. Definición de Trabajo de Grado: En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite:

- a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad.
- b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas.

c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones.

d. Formular y evaluar proyectos.

e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión.

Artículo 36. Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en:

Investigación: comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al Director de Departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y cronograma, previo estudio y aprobación de la misma, del respectivo Grupo de Investigación.

8. Metodología

Se desarrolló una investigación del tipo experimental desde diciembre de 2018 a junio de 2019, un experimento en brócoli y otro en coliflor en el municipio Mutiscua, provincia de Pamplona, Norte de Santander.

8.1 Comparación de la eficacia de tratamientos biológicos, enraizadores y cal agrícola para el control de *P. brassicae* en coliflor.

La investigación se desarrolló en el Municipio de Mutiscua, en la vereda el Sucre (imagen 3) finca las tiendas cuyas coordenadas son: 7°33'68.271"N 72°76'40.000"W, en la cual se implementó el cultivo de coliflor en el periodo comprendido entre el 15 de septiembre hasta el 13 de diciembre de 2018.



Figura 1 Ubicación espacial parcela coliflor. Tomado de google Earth 2019

Diseño experimental

Se estableció el cultivar de coliflor con un diseño completamente al azar, donde se implementaron 8 tratamientos cada uno con 3 repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales de 6m² cada una.

Tratamientos en estudio

En la tabla 7 se detallan los tratamientos objetos de estudio, con las respectivas dosis las cuales fueron calculadas según la recomendación de la etiqueta de cada producto.

Tabla 6. Descripción del tratamiento y la dosis primer ciclo de siembra.

Tratamientos	Descripción	Dosis
T1	<i>T. harzianum</i> comercial	16,2 g
T2	<i>T. harzianum</i> comercial+50%	24,3 g
T3	<i>B. subtilis</i> comercial	1,8 g
T4	<i>B. subtilis</i> comercial+50%	2,7 g
T5	Hormonagro comercial A.N.A	0,45 cm ³
T6	Hormonagro comercial+50%	0,7 cm ³
T7	Cal	3 Kg
T8	Testigo	-----

Las aplicaciones de los diferentes productos se realizaron a los 8 días después del trasplante dirigidas a la zona radicular de cada planta, las cuales continuaron con una periodicidad semanal hasta la formación de la inflorescencia.

Evaluación del experimento

La toma de datos inicio a los quince días después del trasplante y esta continuo semanal hasta el inicio de la cosecha., teniendo registro de las siguientes variables:

Incidencia de la enfermedad en la planta: Se llevó el registro de 20 plantas seleccionadas al azar utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

Número de plantas afectadas

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}} * 100$$

Número de plantas evaluadas

Severidad de la enfermedad en la planta: Se evaluó el desarrollo de la enfermedad mediante una escala, propuestas por las autoras, El índice de enfermedad (ID) se calculó utilizando la formula descrita a continuación

$$ID\% = \frac{\sum(n \times 0 + n \times 1 + n \times 2 + n \times 3)}{N \times 3} * 100\%$$

Donde:

n: es el número de plantas afectadas en los diferentes grados

N: es el número total de plantas en una unidad experimental

0, 1, 2, y 3 las clases de gravedad de los síntomas.

Tabla 7. Descripción de la escala cualitativa, según síntomas en la planta

Escala	Descripción
0	Planta sana
1	Síntomas en hojas, marchitez incipiente
2	Síntomas avanzados, amarillamiento en hojas, marchitez avanzada
3	Planta muerta

Altura de la planta: Se determinó en las veinte plantas seleccionadas al azar en cada una de las parcelas, midiendo desde la base del suelo, hasta el ápice de la última hoja.

Numero de hojas: Se llevó un conteo de la emisión de hojas en las veinte plantas seleccionadas al azar en cada una de las parcelas

Incidencia en raíces: Esta se determinó dos días después de la cosecha de cada una de las plantas evaluadas, aplicando la fórmula que se presenta a continuación,

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{Número de raíces afectadas}}{\text{Número de raíces evaluadas}} * 100$$

Severidad en raíces: Se evaluó el desarrollo de la enfermedad mediante una escala propuesta por Horiuchi y Ori y modificada por Strelkove 2006.

El índice de enfermedad (ID) se calculó utilizando la formula descrita a continuación

$$\text{ID}\% = \frac{\sum(\text{nx}0 + \text{nx}1 + \text{nx}2 + \text{nx}3)}{\text{Nx}3} * 100\%$$

Donde:

n: es el número de raíces afectadas en los diferentes grados

N: es el número total de raíces en una unidad experimental

0, 1, 2, y 3 las clases de gravedad de los síntomas.

Tabla 8. Descripción de la escala cualitativa, según daños en las raíces.

Escala	Descripción
0	Raíz sana
1	Hernias de tamaño pequeño, menos de un 25% de la raíz afectada
2	Hernias de tamaño mediano en un 50% de la raíz
3	Hernias de tamaño medio a gran tamaño en más del 50% de la raíz

Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE): Al final del experimento se determinó en cada parcela según el método de Campbell y Madden (1990), para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{ABCPE} = \sum [(X_j + X_{j+1})/2] * (T_{j+1} - T_j)$$

Donde:

X_j = distribución o intensidad de la enfermedad en el muestreo i

X_{j+1} = distribución o intensidad de la enfermedad en el muestreo $i+1$

T_j = tiempo 1

T_{j+1} = tiempo 2

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza en las variables fitosanitarias y morfométricas, se comprobaron las medias por la prueba de Tukey con una probabilidad de error ($P \leq 0,05$), mediante el paquete estadístico SPSS versión 21.

8.2 Comparación la eficacia de tratamientos biológicos combinados con enraizadores y cal agrícola para el control de *P. brassicae* en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var italica*).

La investigación se desarrolló en el Municipio de Mutiscua, en la vereda el Sucre, finca mi tesoro cuyas coordenadas son: 7°33'17.900"N, -72°76'08.599"W, donde se implementó el cultivo de brócoli en el periodo comprendido entre el 27 de marzo hasta el 10 de junio de 2019.



Figura 2. Ubicación espacial parcela brócoli. Tomado de google Earth 2019.

Diseño experimental

Se estableció el cultivar de Brócoli con un diseño completamente al azar, donde se implementaron 6 tratamientos cada uno con 4 repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales, cada una de ellas de 6m^2

Tratamientos en estudio

En la tabla 8 se detallan los tratamientos objetos de estudio, con las respectivas dosis las cuales fueron calculadas según la recomendación de la etiqueta de cada producto.

Tabla 9. Descripción tratamientos segundo ciclo de siembra

Tratamientos	Descripción	Dosis
T1	Hormonagro	0,6 ml
T2	<i>B. subtilis</i> + Hormonagro	1,5 ml + 0,6 ml
T3	<i>T. harziarum</i> + A.N.A (hormonagro COMERCIAL)	21,6 g + 0,6 ml
T4	<i>B. cepacia</i> + hormonagro	15 ml + 0,6 ml
T5	Cal	4 kg
T6	Testigo	-----

La raíz de cada plántula se sumergió en una solución de mezcla del producto más enraizante, teniendo en cuenta los tratamientos, después de esto se realizó una aspersion de la misma mezcla al sitio de siembra y esta tuvo una continuidad semanal hasta una semana antes de la cosecha.

Evaluación del experimento

La toma de datos inicio a los quince días después del trasplante y esta continuo semanal hasta el inicio de la cosecha., teniendo registro de las siguientes variables:

Incidencia de la enfermedad en la planta: Se llevó el registro de 20 plantas seleccionadas al azar utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número de plantas evaluadas}} * 100$$

Severidad de la enfermedad en la planta: Se evaluó el desarrollo de la enfermedad mediante una escala, propuestas por las autoras,

El índice de enfermedad (ID) se calculó utilizando la formula descrita a continuación

$$ID\% = \frac{\sum(n \times 0 + n \times 1 + n \times 2 + n \times 3)}{N \times 3} * 100\%$$

Donde:

n: es el número de plantas afectadas en los diferentes grados

N: es el número total de plantas en una unidad experimental

0, 1, 2, y 3 las clases de gravedad de los síntomas.

Tabla 10. Descripción de la escala cualitativa, según síntomas en la planta

Escala	Descripción
0	Planta sana
1	Síntomas en hojas, marchitez incipiente
2	Síntomas avanzados, amarillamiento en hojas, marchitez avanzada
3	Planta muerta

Altura de la planta: Se determinó en las veinte plantas seleccionadas al azar en cada una de las parcelas, midiendo desde la base del suelo, hasta el ápice de la última hoja.

Número de hojas: Se llevó un conteo de la emisión de hojas en las veinte plantas seleccionadas al azar en cada una de las parcelas

Incidencia de la enfermedad en raíces: Esta se determinó dos días después de la cosecha de cada una de las plantas evaluadas, aplicando la fórmula que se presenta a continuación,

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{Número de raíces afectadas}}{\text{Número de raíces evaluadas}} * 100$$

Severidad de la enfermedad en raíces: Se evaluó el desarrollo de la enfermedad mediante una escala propuesta por Horiuchi y Ori y modificada por Strelkove 2006.

El índice de enfermedad (ID) se calculó utilizando la formula descrita a continuación

$$\text{ID}\% = \frac{\sum(\text{nx}0 + \text{nx}1 + \text{nx}2 + \text{nx}3)}{\text{Nx}3} * 100\%$$

Donde:

n: es el número de raíces afectadas en los diferentes grados

N: es el número total de raíces en una unidad experimental

0, 1, 2, y 3 las clases de gravedad de los síntomas.

Tabla 11. Descripción de la escala cualitativa, según daños en las raíces.

Escala	Descripción
0	Raíz sana
1	Hernias de tamaño pequeño, menos de un 25% de la raíz afectada
2	Hernias de tamaño mediano en un 50% de la raíz
3	Hernias de tamaño medio a gran tamaño en más del 50% de la raíz

Producción y rendimiento: Al momento de la cosecha se pesó cada inflorescencia por parcela y se llevó un registro para obtener el promedio de rendimiento por cada tratamiento.

Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE): Al final del experimento se determinó en cada parcela según el método de Campbell y Madden (1990), para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$ABCPE = \sum [(X_j + X_{j+1})/2] * (T_{j+1} - T_j)$$

Donde:

X_j = distribución o intensidad de la enfermedad en el muestreo i

X_{j+1} = distribución o intensidad de la enfermedad en el muestreo $i+1$

T_j = tiempo 1

T_{j+1} = tiempo 2

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de varianza en las variables fitosanitarias y morfométricas, se comprobaron las medias por la prueba de Tukey con una probabilidad de error ($P \leq 0,05$), mediante el paquete estadístico SPSS versión 21.

8.3 Valoración del costo/beneficio de cada uno de los tratamientos evaluados en los ensayos.

Se realizó una valoración de la efectividad económica de cada tratamiento tanto biológico como alternativo utilizando la metodología del incremento parcial recomendada por el CIMMYT (1988).

En esta se simplifica el análisis y se pretende la determinación del incremento del valor de la producción, una vez se tiene el resultado del monto del costo de cada tratamiento biológico y alternativo con referente a la variante testigo y a la variante tradicional cal.

La intensidad se planteó a partir de la siguiente fórmula:

$$E = V_{ipn} - C_t \text{ Donde:}$$

E = Efectividad económica Vipn = Valor del incremento de la producción de las variantes nuevas (biológicas o alternativas).

Ci = Costo adicional de la variante nueva, con respecto al testigo tradicional (variante cal), y sin tratamiento (testigo absoluto)

Se estimó los gastos de cada tratamiento, teniendo en cuenta un periodo de planificación de aproximadamente setenta y cinco días el cual está condicionado por el tiempo en el que transcurre la formación de la inflorescencia tanto del brócoli como la coliflor, desde el momento del trasplante de la plántula hasta su cosecha.

Se tuvo en cuenta como costos de operación las siguientes partidas:

- Gastos de salario en aplicaciones de productos biológicos y alternativos en los tratamientos que lo requerían, cosecha en cada uno de los tratamientos.
- Gastos de materiales directos para los tratamientos con utilización de productos biológicos, alternativos y cal.

Los tratamientos se consideraron a partir de los precios en los que se adquirieron los siguientes productos:

Trichoderma harzianum comercial: 1×10^8 esporas/g

Bacillus subtilis comercial: 5×10^9 esporas/ml

A.N.A (Hormonagro comercial): ácido naftalenacético

B. cepacia comercial: 1×10^8 UFC/cm³

Cal agrícola

En cada uno de los tratamientos se tuvo en cuenta la dosis, para cada caso la cantidad utilizada.

El aumento del costo por salario en atención fitosanitaria a las parcelas en las variantes con tratamientos se calculó como el incremento del valor monetario de la producción de las parcelas del tratamiento testigo en relación a los demás tratamientos, así como su significación en valor

9. Resultados y análisis

9.1 Comparación de la eficacia de tratamientos biológicos, enraizadores y cal agrícola para el control de *P. brassicae* en el cultivo de coliflor (*Brassica oleracea* var *Botrytis*).

Incidencia de la enfermedad.

La incidencia de *P. brassicae* en el cultivo de coliflor, no presentó diferencia en ninguna de las semanas evaluadas, aunque en la semana 5 el porcentaje en el tratamiento 7 modificación de pH (cal) y *B. subtilis* (Dosis alta) tuvieron menor incidencia en comparación con los demás tratamientos, para la semana 7 y 9 estos se mantuvieron con un porcentaje de incidencia menor a los demás, pero *B. subtilis* (Dosis alta) tuvo un porcentaje menor con referencia a la modificación de pH (Cal) (Tabla 12).

Tabla 12. Porcentaje de incidencia foliar en el Coliflor

Tratamiento	Porcentaje de incidencia		
	S5	S7	S9
1. <i>T. harzianum</i> (Dosis alta)	0,87 a	1,11 a	1,72 a
2. <i>T. harzianum</i> (Dosis comercial)	0,92 a	1,07 a	1,75 ^a
3. <i>B. subtilis</i> (Dosis alta)	0,66 a	0,66 a	1,03 a
4. <i>B. subtilis</i> (Dosis comercial)	0,93 a	1,21 a	1,38 a
5. A.N.A Hormonagro (Dosis alta)	1,03 a	1,16 a	1,45 a
6. A.N.A Hormonagro (Dosis comercial)	0,74 a	1,01 a	1,35 a
7. Modificación de pH (Cal)	0,29 a	0,77 a	1,14 a
8. Testigo	0,64 a	0,89 a	1,86 a
CV	68,6	44,2	44,6

Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).

La dinámica del ABCPE de *P. brassicae* tanto en incidencia como en severidad no hubo diferencias, aunque el tratamiento de *B. subtilis* en dosis alta, mostró un porcentaje menor con el 2,30 % en incidencia y 1,88% en severidad respecto a los demás tratamientos. En este caso los porcentajes mayores los presentaron los tratamientos *B. subtilis* dosis comercial con un 3,04 % en incidencia y 2,71 % en severidad y A.N.A (hormonagro) dosis alta con 3,08 % y 2,67% respectivamente (tabla 14).

Tabla 14. Porcentaje de incidencia y severidad foliar en el ABCPE

Tratamiento	ABCPE INC	ABCPE SEV
1. <i>T. harzianum</i> (Dosis alta)	2,98 a	2,64 a
2. <i>T. harzianum</i> (Dosis comercial)	2,94 a	2,63 a
3. <i>B. subtilis</i> (Dosis alta)	2,30 a	1,88 a
4. <i>B. subtilis</i> (Dosis comercial)	3,04 a	2,71 a
5. A.N.A Hormonagro (Dosis alta)	3,08 a	2,67 a
6. A.N.A Hormonagro (Dosis comercial)	2,81 a	2,39 a
7. Modificación de pH (Cal)	2,65 a	2,32 a
8. Testigo	2,63 a	2,21 a
CV	17,6	21,4
ET	0,28	0,30

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey
 La dinámica del área bajo la curva de *P. brassicae* en los diferentes tratamientos en el cultivo de coliflor, fue menor para tratamiento de la cal y testigo, obteniendo el mayor resultado el A.N.A

hormonagro con dosis alta y los demás tratamientos ubicándose en el intermedio de estos (figura 5).

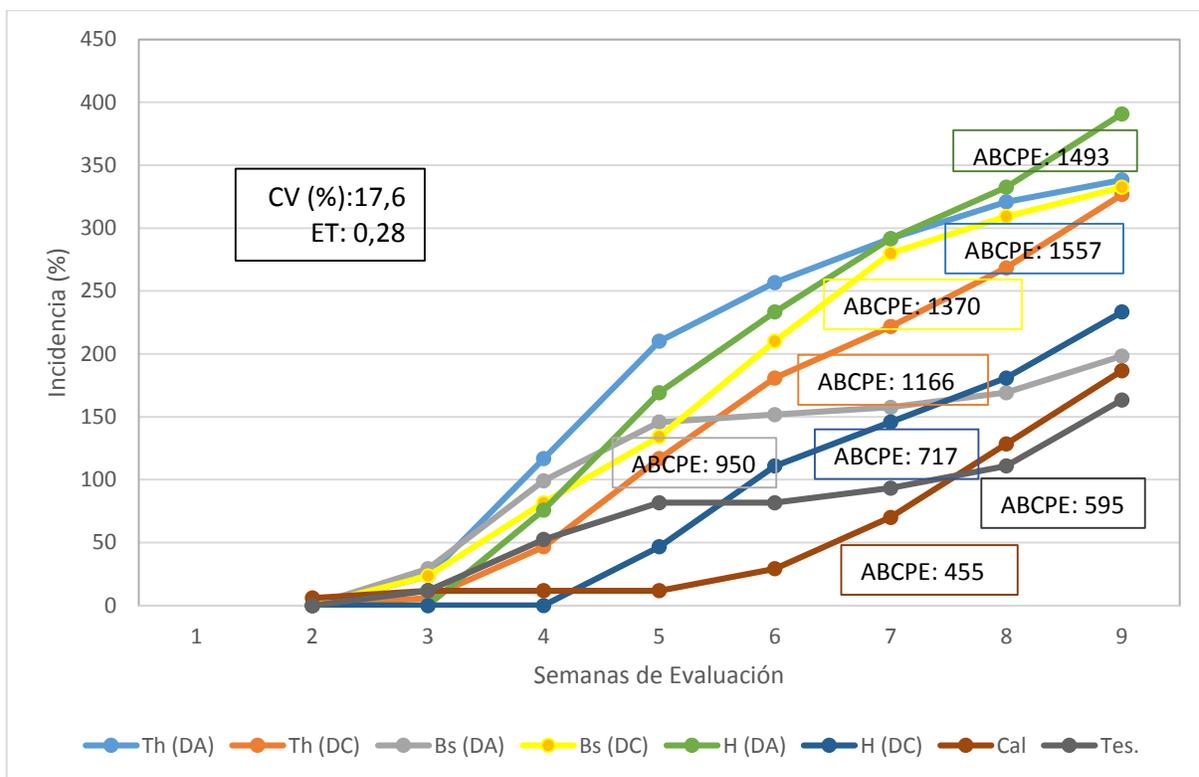


Figura 5. Dinámica del ABCPE de la incidencia en la hernia sobre el cultivo de la coliflor.

La dinámica de la severidad en cuanto al ABCPE para *P. brassicae* en el cultivo de coliflor, fue menor para los tratamientos de: modificación de pH (cal), testigo y hormonagro Dosis Alta y el tratamiento mayor para *T. harzianum* mientras que los demás tratamientos estuvieron intermedio a los demás (figura 6).

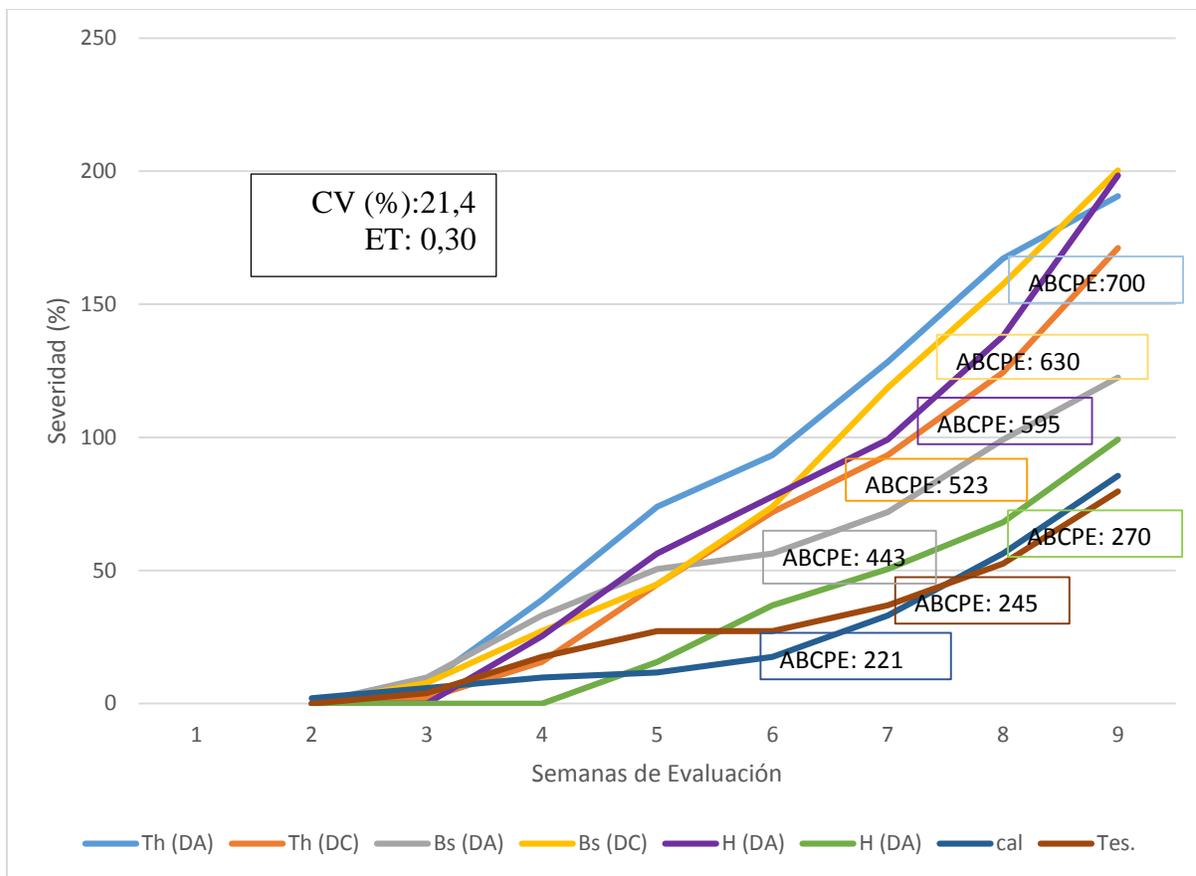


Figura 6. Dinámica del ABCPE de la severidad en la hernia sobre el cultivo de la coliflor.

Incidencia y Severidad en raíces

El comportamiento de *P. brassicae* en cuanto incidencia de raíces en el cultivo de coliflor no tiene diferencia, aunque el tratamiento *T. harzianum* (Dosis alta) presento un porcentaje 96,6% inferior a los demás puesto que estos alcanzaron el 100%. En cuanto a severidad la diferencia no fue significativa, pero el tratamiento modificación de pH (cal) obtuvo 45,5 % difiriendo de hormonagro (Dosis alta) con un 59,4%, mientras que los demás tratamientos estuvieron intermedios (tabla 15).

Tabla 15. Porcentaje de incidencia y severidad en raíz.

Tratamiento	Raíz Incidencia	Raíz Severidad
1. <i>T. harzianum</i> (Dosis alta)	96,6 a	58,8 a
2. <i>T. harzianum</i> (Dosis comercial)	100 a	51,1 a
3. <i>B. subtilis</i> (Dosis alta)	100 a	47,7 a
4. <i>B. subtilis</i> (Dosis comercial)	100 a	55,0 a
5. A.N.A Hormonagro (Dosis alta)	100 a	59,4 a
6. A.N.A Hormonagro (Dosis comercial)	100 a	48,3 a
7. Modificación de pH (Cal)	100 a	45,5 a
8. Testigo	100 a	48,3 a
CV	2,04	23,44
ET*	1,17	7,00

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Altura de la planta y número de hojas

En cuanto a la altura de las plantas en los diferentes tratamientos en la semana 5 se obtuvo una diferencia, siendo el tratamiento de modificación de pH (cal) el mejor en esta variable con un porcentaje de 23,6 %, aunque en las semanas 7 y 9 no hubo una diferencia significativa este tratamiento siguió comportándose como el mejor con referencia a los demás. Para la variable en número de hojas no se obtuvo diferencia significativa puesto que desde la semana 5 a la 9 fue aumentando igualmente para todos los tratamientos (Tabla 16).

Tabla 16. Porcentaje de crecimiento en altura y número de hojas en la coliflor

Tratamiento	Altura			# de Hojas		
	S5	S7	S9	S5	S7	S9
1. <i>T. harzianum</i> (Dosis alta)	22,6 a	30,2 a	38,2 a	9,3 a	10,4 a	11,73 a
2. <i>T. harzianum</i> (Dosis comercial)	22,2 ab	31,8 a	38,5 a	8,7 a	10,2 a	11,36 a
3. <i>B. subtilis</i> (Dosis alta)	21,9 ab	31,0 a	40,7 a	9,0 a	10,3 a	11,90 a
4. <i>B. subtilis</i> (Dosis comercial)	21,7 abc	30,7 a	37,5 a	8,8 a	10,3 a	11,66 a
5. A.N.A Hormonagro (Dosis alta)	18,9 c	26,8 a	33,7 a	8,5 a	10,2 a	11,63 a
6. A.N.A Hormonagro (Dosis comercial)	19,2 bc	29,3 a	37,8 a	8,8 a	10,4 a	12,06 a
7. Modificación de pH (Cal)	23,6 a	35,2 a	43,1 a	8,9 a	10,2 a	11,83 a
8. Testigo	22,9 a	32,5 a	40,3 a	8,9 a	10,5 a	12,16 a
CV	4,90	10,54	13,85	7,01	4,62	4,47
ET*	0,61	1,88	3,09	0,36	0,27	0,30

* Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

9.2 Comparación de la eficacia de tratamientos biológicos combinados con enraizadores y cal agrícola para el control de *P. brassicae* en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var itálica*).

Incidencia

La incidencia para el cultivo de brócoli en la semana 5, tuvo diferencia puesto que el tratamiento *B. subtilis* + A.N.A hormonagro obtuvo un porcentaje de 0,31% a diferencia de los demás tratamiento; en cuanto la semana 8 y 10 su diferencia fue inferior siguió siendo el de menor incidencia en comparación con el testigo que obtuvo un porcentaje de 1,64% (tabla 17).

Tabla 17. Porcentaje de Incidencia foliar en el cultivo de Brócoli.

Tratamiento	Porcentaje de incidencia		
	S5	S8	S10
1. Cal	0,84 ab	1,10 a	1,13 a
2. <i>T. harzarium</i> + A.N.A hormonagro	0,43 b	1,12 a	1,20 a
3. <i>B. subtilis</i> + A.N.A Hormonagro	0,31 b	0,95 a	1,19 a
4. <i>B. cepacia</i> + A.N.A hormonagro	0,94 ab	1,49 a	1,49 a
5. A.N.A Hormonagro	0,65 ab	1,23 a	1,23 a
6. Testigo	1,51 a	1,64 a	1,64 a
CV	54	29,6	28,9
ET*	0,21	0,18	0,19

*Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Severidad en planta

El comportamiento de la severidad en el área foliar de las plantas tuvo una diferencia estadística tanto en la semana 5 y 8, teniendo menor porcentaje el tratamiento de *B. subtilis* + hormonagro, ya para la semana 10 aunque no hubo una diferencia significativa este se comportó igualmente inferior que los demás tratamientos (Tabla 18).

Tabla 18. Porcentaje de severidad foliar en el brócoli

Tratamiento	Porcentaje de Severidad		
	S5	S8	S10
1. Cal	0,51 ab	0,70 ab	0,83 a
2. <i>T. harzarium</i> + A.N.A hormonagro	0,30 b	0,71 ab	0,88 a
3. <i>B. subtilis</i> + A.N.A Hormonagro	0,25 b	0,62 b	0,82 a
4. <i>Bulkolderia cepacia</i> + A.N.A hormonagro	0,55 ab	0,90 ab	1,10 a
5. A.N.A Hormonagro	0,40 ab	0,82 ab	0,93 a
6. Testigo	0,78 a	1,23 a	1,40 a
CV	36,76	30,3	31,55
ET*	0,08	0,12	0,15

*Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Área bajo la curva del progreso de la enfermedad

El área bajo la curva del progreso del progreso de *P. brassicae* en cultivo de brócoli, en cuanto a incidencia no tiene diferencia significativa, aunque el tratamiento *B. subtilis* + A.N.A hormonagro manifiesta un porcentaje en un 2,73 % inferior a los demás tratamientos. Para severidad si hubo una diferencia estadística teniendo el tratamiento *B. subtilis* + A.N.A hormonagro el menor porcentaje con un 2,33% mientras que el tratamiento testigo se encontró con un 2,96%, siendo este con el mayor índice de avance de la enfermedad referente a los demás tratamientos (Tabla 19).

Tabla 19 Porcentaje de incidencia y severidad foliar en el ABCPE

Tratamiento	Incidencia ABCPE	Severidad ABCPE
1. Cal	2,88 a	2,50 ab
2. <i>T. harzarium</i> + hormonagro	2,91 a	2,54 ab
3. <i>B. subtilis</i> + Hormonagro	2,73 a	2,33 b
4. <i>B. cepacia</i> + hormonagro	3,14 a	2,78 ab
5. Hormonagro	3,00 a	2,65 ab
6. Testigo	3,21 a	2,96 a
CV	8,08	9,91
ET	0,12	0,13

*Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

El progreso de la enfermedad según el área bajo la curva según la incidencia nos presenta que el tratamiento menor es *B. subtilis* + A.N.A hormonagro, seguido de *T. harzianum* y la cal, con gran diferencia del tratamiento con mayor área en este caso el testigo (figura 7).

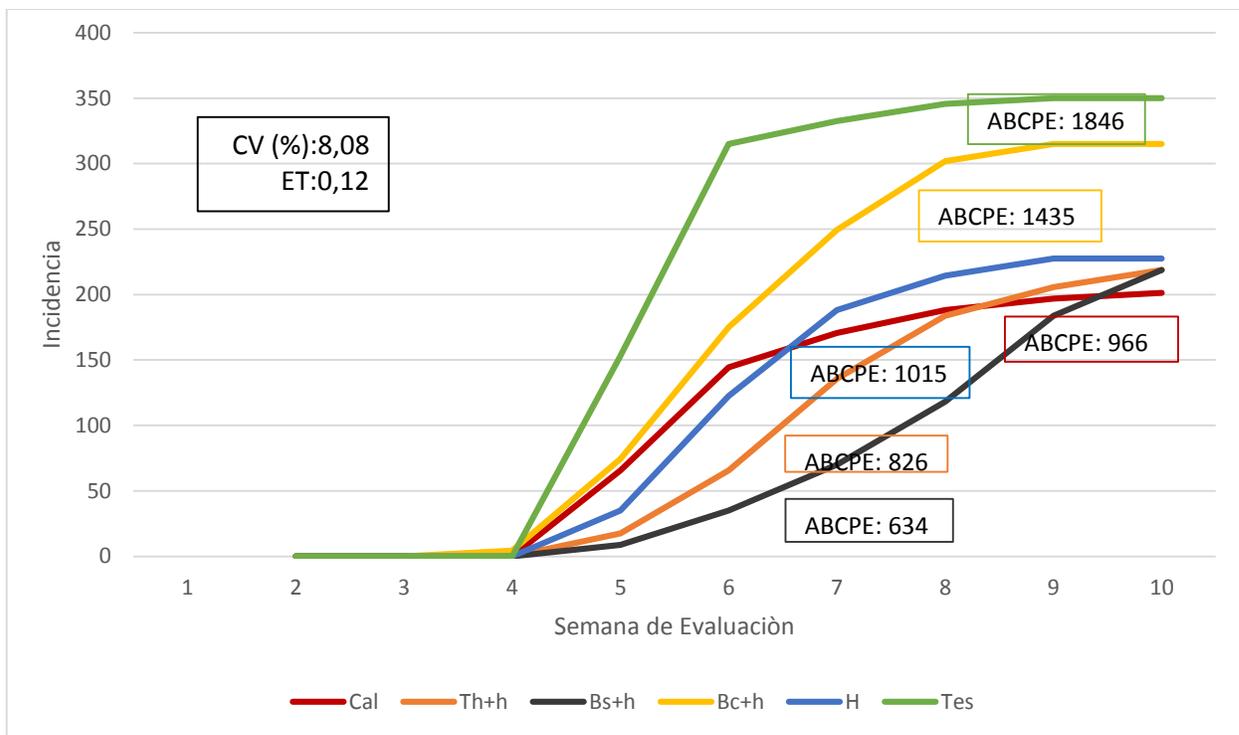


Figura 7. Dinámica del ABCPE de la incidencia de la hernia en el cultivo del brócoli.

El comportamiento de área bajo la curva de la enfermedad en cuanto a severidad empieza a partir de la semana 5 viendo como el tratamiento que menos es afectado por la enfermedad es *B.*

subtilis + A.N.A hormonagro, seguido de *T. harziarum* + A.N.A hormo

agro. El testigo si es afectado ampliamente después de la aparición de la enfermedad ya que su crecimiento es mayor que los demás tratamientos a través de las semanas de evaluación

(figura 8).

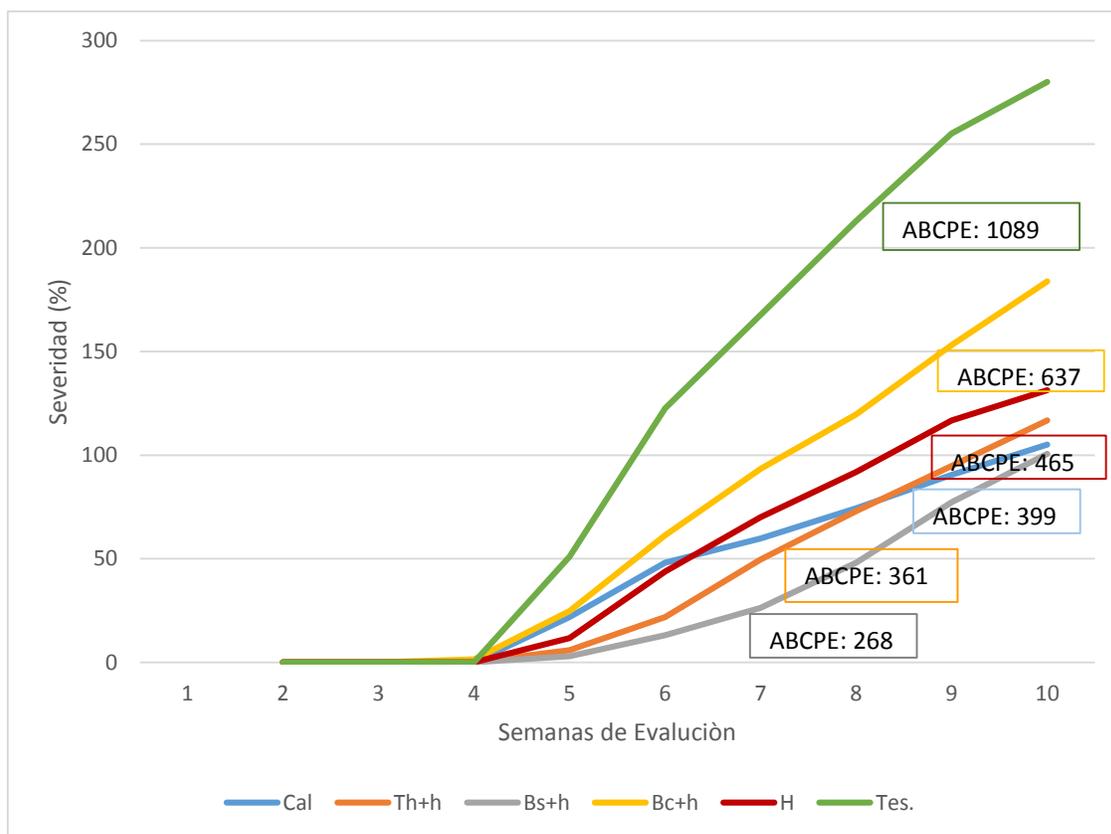


Figura 8. Dinámica del ABCPE de la Severidad en la hernia sobre el cultivo del brócoli.

Incidencia y severidad en raíz

P. brassicae tuvo una incidencia en raíz sin ninguna variación significativa, sin embargo el tratamiento cal tuvo un porcentaje inferior de 2,88 %, seguido del tratamiento *trichoderma* con porcentaje de 3,02%, además de esto se obtuvo un porcentaje de 3,14% para los demás tratamientos. En cuanto a la severidad si mostro diferencia estadística, donde el tratamiento *B.*

subtilis tuvo un 1,64% siendo este menor con respecto a los demás tratamientos y el obtuvo el mayor porcentaje fue el testigo con 2,13% (tabla 20).

Tabla 20. Porcentajes de incidencia y severidad en la raíz del Brócoli

Tratamiento	Raíz Incidencia	Raíz Severidad
1. Cal	2,88 a	1,70 b
2. <i>Trichoderma harzarium</i> + A.N.A hormonagro	3,02 a	1,72 b
3. <i>B. subtilis</i> + A.N.A Hormonagro	3,14 a	1,64 b
4. <i>Bulkolderia cepacia</i> + A.N.A hormonagro	3,14 a	1,88 ab
5. A.N.A Hormonagro	3,14 a	1,86 ab
6. Testigo	3,14 a	2,13 a
CV	6,52	9,93
ET*	0,1	0,090

*Letras desiguales en las columnas difieren para $P \leq 0,05$ por la prueba de Tukey

Altura de la planta y número de hojas.

En la variable morfométrica altura de la planta de brócoli, en la semana 5 no se presentó diferencia estadística aun así los tratamientos cal, testigo y *B. subtilis* tuvieron los porcentajes con más altura en planta. Para la semana 7 se ve reflejado que el tratamiento testigo declino colocándose en el menor porcentaje entre los tratamientos evaluado. Ya para la semana 10, el testigo tiene un porcentaje del 44,35% representando las plantas con menos altura en el experimento, referente a cal y *B. subtilis* con un 68,06%, 63,4% respectivamente. La emisión de hojas en el cultivo de brócoli para la semana 5, obtuvieron valores 7,55%, 7,31% y 7,12% de los tratamiento cal, testigo y *B. subtilis* respectivamente, con los valores más altos en la emisión de

tratamiento *B. subtilis* + hormonagro logró 0,3 kg/m² que el tratamiento tradicional con cal agrícola, por lo que permite llevar más producto al mercado (3t/ha) (tabla 22).

Tabla 22. Producción y rendimientos en el cultivo de Brócoli

Tratamiento	Producción Kg/24m ²	Rendimiento	tn/h
Cal	62,2	2,6 Kg/m ²	26
<i>T. harzarium</i> + A.N.A hormonagro	69,2	2,88 Kg/m ²	28
<i>B. subtilis</i> + A.N.A Hormonagro	71,5	2,97 Kg/m ²	29
Bulkolderia cepacia + A.N.A hormonagro	55,4	2,3 Kg/m ²	23
A.N.A Hormonagro	62,4	2,6 Kg/m ²	26
Testigo	37,1	1,5 Kg/m ²	15
Total producción	357,8		

Las mayores ganancias fueron para *B. subtilis* + A.N.A hormonagro. Todos tuvieron mayor eficacia económica que el testigo y solo *B. subtilis* + A.N.A hormonagro respecto a la cal. Aunque *T. harzium* fue el segundo tratamiento en obtener más ingresos, los gastos utilizados para su aplicación fueron los más altos en la evaluación. El testigo se consolidó siendo el de menor ingresos y el de tener la diferencia negativa mayor respecto a la cal, consolidándose como el de menor beneficio para la producción de crucíferas (tabla 23).

Tabla 23. Resumen financiero del cultivo de brócoli.

Tratamiento	Ingresos	Gastos	Ganancias	Eficiencia Económica	
				Cal	Testigo
En relación a:					
<i>Trichoderma</i> + A.N.A hormonagro	117,640	44,160	73,480	-23,660	14,610
<i>B. subtilis</i> + A.N.A hormonagro	121,550	22,200	99,350	2,210	40,480
<i>B.</i> + A.N.A hormonagro	94,180	31,650	62,530	-34,610	3,660
A.N.A Hormonagro	106,080	10,800	95,280	-1.860	36,410
Cal	105,740	8,600	97,140	-----	38,270
Testigo	63,070	4,200	58,870	-38,270	-----

Discusión.

En este trabajo investigativo se obtuvieron resultados con similitudes en cuanto a la investigación de Andrea Botero en el 2016, que buscaba evaluar el efecto de diferentes cepas de *Trichoderma* tanto en campo, como en condiciones controladas, se debe tener en cuenta que no se compartió las mismas especies de las cepas utilizadas. En las dos investigaciones se observaron disminuciones de la enfermedad con aplicaciones de diferentes especies de *Trichoderma* pero con frecuencia en su aplicación, en la investigación de Andrea Botero demuestra que el número de aplicaciones de estas cepas es relativamente importante porque influyen en cuanto al control de la afectación de la hernia, demostrando que si se realizan pocas aplicaciones no se observa un manejo notable en cuanto la afectación de la enfermedad, para lograr una disminución en esta se deben realizar de 10 a 14 aplicaciones por ciclo, lo que genera

un mayor porcentaje de gastos tanto en aplicaciones como en la accesibilidad del producto, que según la dosificación y costo del producto es el de mayor gasto en comparación a los demás tratamientos empleados en esta investigación.

Según el estudio realizado por Pengjie, en el 2019; existe una cepa muy potente de *B. subtilis* XF-1, Que logró reducir considerablemente la afectación de *P. brassicae* en uno de los cultivos de la familia de las crucíferas, en comparación con los resultados obtenidos en nuestra investigación la cual mostro que la acción de *B. subtilis* individual fue ineficiente, resultado que pudo ser debido a la mala utilización de la bacteria al momento de la aplicación, la cual se realizó a los ocho días después del trasplante, tiempo con el que la enfermedad alcanzó a tomar ventaja para la colonización de las raíces de las plántulas, pues se presentaba el ambiente idoneo; En comparación con el estudio realizado por pengjie que las aplicaciones las empezaron a realizar desde la siembra de la semilla, sin embargo el tratamiento evaluado de *B. subtilis* mas A.N.A Hormonagro se estipuló como el mejor, en un gran porcentaje de variables estadísticas en comparación de los demás tratamientos, concluyendo que fue el mejor tratamiento tanto en la reducción de la acción de *P. brassicae* como en la parte de costo beneficio, mostrando así ser una alternativa viable para el manejo preventivo de *P. brassicae*

La aplicación de *B. cepacia* fue ineficiente como manejo preventivo de *P. brassicae* ya que en todos los análisis estadísticos este tratamiento no notó diferencia significativa en comparación al tratamiento testigo, este producto no tiene antecedentes de aplicaciones contra esta enfermedad, sin embargo tiene un amplio rango para el control de otras enfermedades como: *Botrytis*, *Damping off*, *Fusarium* sp, *Rhizoctonia* sp, *Phytophthora* sp, entre otras, motivo por el cual se decidió evaluar en esta investigación.

10. Conclusiones

La utilización de productos biológicos en su acción individual es decir sin ser mezclado con un enraizantes como medida alternativa para la prevención de *P. brassicae*, en el cultivo de coliflor bajo las condiciones de Mutiscua no otorga buenos resultados para su control, puesto que el testigo a diferencia de los demás tratamientos tuvo un comportamiento menor demostrando la poca eficacia de estos en el manejo de la enfermedad.

La mejor alternativa preventiva que se estableció para el manejo de *P. brassicae* en este trabajo investigativo y bajo las condiciones edafoclimaticas del municipio Mutiscua; fue la utilización del producto Bactox, compuesto a base de esporas viables de *B. subtilis* + A.N.A Hormonagro, ya que tuvo un mejor comportamiento con respecto a las demás alternativas preventivas evaluadas, mostrando mejores resultados en las diferentes variables evaluadas como: incidencia y severidad foliar, severidad en raíz, área bajo la curva del progreso de la enfermedad y rendimiento.

El tratamiento con *B. subtilis* + A.N.A Hormonagro logra el mayor rendimiento, superando en 3t/ha al de cal agrícola y la mayor ganancia, siendo el único que supera aunque solo ligeramente la eficiencia económica de la cal agrícola, la cual resulta muy barata para los agricultores.

11. Recomendaciones

1. Utilizar como medida alternativa de control para *P. brassicae* la bacteria *B. subtilis*, acompañada de A.N.A hormonagro, estas deben ser aplicadas a la hora de la siembra, primero hacer una solución de estos dos productos sumergir las raíces por un periodo de 15 minutos. El sitio de siembra de cada planta realizar una aspersion con la misma solución y transplantar. A los 15 días después realizar de nuevo una aspersion dirigida a la raíz con los 2 productos y a partir de ahí solo aplicar el producto con *B. subtilis* semanalmente.
2. La cal también puede mitigar el daño de la enfermedad es por esto que se debe aplicar con anterioridad de 15 días bien incorporada con el suelo.

12. Referencias

Agrios, G. (2005). *Plant Pathology*. Elsevier.

Ariza, Y., & Sanchez, L. (2012). *Determinación de metabolitos secundarios a partir de Bacillus subtilis con efecto biocontrolador sobre Fusarium sp.* Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/316651734_Determinacion_de_metabolitos_secundarios_a_partir_de_Bacillus_subtilis_con_efecto_biocontrolador_sobre_Fusarium_sp

Botero, A. (2016). *Effect of three Trichoderma species on clubroot disease in cabbage*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/53648/1/andreaboteroramirez.2016.pdf>

CÁRDENAS, J. A. (2010). *CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA Y PRODUCCIÓN DE Trichoderma harzianum Y Trichoderma viride EN CULTIVO ARTESANAL*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8662/tesis615.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cardenas, M. M. (Julio de 2007). *EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE UN BIOINOCULANTE SOBRE UN CULTIVO DE CRISANTEMO EN PERIODO DE ENRAIZAMIENTO*. Obtenido de <file:///D:/Desktop/TESIS%2035.pdf>

Castro, A., & Rivillas, C. (Mayo de 2012). *Trichoderma spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café*. Obtenido de https://www.cenicafe.org/es/publications/Boletin_38_FINAL2014.pdf

Cotrina, F. (2003). *Cultivo de la coliflor*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1981_21.pdf

- Donald, E. C.; Lawrence, J. M.; Porter, I. J. (2004). Influence of particle size and application method on the efficacy of calcium cyanamide for control of clubroot of vegetable brassicas. *Crop Protection*, London, 23, (4),297-303
- Doncel M, P., & Cordero, A. (2017). *Burkholderia cepacia* aisladas de variedades de ñame con actividad antimicrobiana contra *Colletotrichum gloeosporioides*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/316770582_Burkholderia_cepacia_aisladas_de_variedades_de_name_con_actividad_antimicrobiana_contra_Colletotrichum_gloeosporioides
- Galdames, R. (2017). *Hernia o "clubroot" del raps*. Obtenido de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/FichasTecnicasSanidadVegetal/Ficha%2091%20Hernia%20o%20clubroot%20del%20raps.pdf>
- García , M. (2009). *Plagas y enfermedades en cultivo de coliflor*. Obtenido de <https://www.cambayas.com/panel/data/enlaces/13072009173529.pdf>
- Heinrich, A., & Stone, A. (2014). Clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) control strategies on brassicas, 2(541), 1–20. Recuperado del: 15 de diciembre del 2015. Retrieved from [http://horticulture.oregonstate.edu/system/files/Clubroot final report%/20Heinrich Stone .pdf](http://horticulture.oregonstate.edu/system/files/Clubroot%20final%20report%20Heinrich%20Stone.pdf)
- Ica. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas* . Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/bb883b42-80da-4ae5-851f-4db05edf581b/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-hortalizas.aspx>
- Jaramillo, J., & Díaz, C. (2006). *El Cultivo de las Crucíferas*. Rionegro, Antioquia, Colombia : Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva.

- La República. (2019). Uso del Hormonagro, poderoso estimulante, en la agricultura Colombiana
<https://www.larepublica.co/archivo/uso-del-hormonagro-poderoso-estimulante-en-la-agricultura-colombiana-2148326>
- Marcela, I. (Abril de 2010). *Bacillus subtilis*. Obtenido de <http://bacillus8.blogspot.com/>
- MINAGRICULTURA. (2018). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales*. Mutiscua: Ministerio de Agricultura y desarrollo rural.
- Mutiscua, A. (2018). *PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL 2016 – 2019*. Obtenido de http://www.sisubregionalns.gov.co:8080/sis/files/sid_Desarrollo_territorial/PMD/SurOccidental/PDM_MUTISCUA_2016-2019.pdf
- Niwa R, Kumei T, Nomura Y, Yoshida, S, Osaki M., Ezawa T . 2007. Increase in soil pH due Ca-rich organic matter application causes suppression of the clubroot disease of crucifers. *Soil Biology & Biochemistry*, St. Louis, 39, (3),778-785.
- Pengjie, H., Wenyan, C., Shahzad, M., Xingyu, L., Yixin, W., Xumang, Y., . . . Yueqiu, H. (2019). *Plasmodiophora brassicae* root hair interaction and control by *Bacillus subtilis* XF-1 in Chinese cabbage. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964418304456#!>
- Perez, Y., Castellanos, L., & Almarales, M. (2010). *Manejo Integrado de nemátodos (Meloidogyne spp.) para hortalizas en casas de cultivos protegidos*. Tesis para obtener el grado de master en Agricultura sostenible: Universidad de Cienfuegos.
- Resolución, 30021 (Normatividad Ica 28 de Abril de 2017).
- Resolución, 970 (Normas Ica 10 de Marzo de 2018).
- Ruiqin, J., Yilian, W., Xiaodan, W., Yifan, L., Xiangqun, S., & Hui, F. (2018). *Análisis proteómico de la interacción entre Plasmodiophora brassicae y col china (Brassica rapa*

L. ssp. Pekinensis) en la etapa inicial de infección. Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423818300815>

Telenchana N Y. (2015). Aplicación de productos sello verde en el manejo de la hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. avenger), en las condiciones agroecológicas de Izamba. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato.

Toledo, Y., Hernández, A., Alvarez, M., Martín, G. M., & Márquez, R. (2002).

DETERMINACIÓN DEL EFECTO ANTAGÓNICO DE UN BIOPREPARADO A PARTIR DE UNA CEPA DE Burkholderia cepacia ANTE Fusarium sp EN EL CULTIVO DEL GLADIOLO (Gladiolus sp). Obtenido de

<https://www.redalyc.org/html/1932/193218135002/>

Villegas , M. A. (2015). *Trichoderma pers. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible*. Obtenido de

https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Trichoderma_pers._Caracter%C3%ADsticas_generales_y_su_potencial_biol%C3%B3gico_en_la_agricultura_sostenible.

Zamora, E. (2016). *El cultivo de la coliflor* . Obtenido de

http://www.dagus.uson.mx/Zamora/COLIFLOR-DAG-HORT-013.pdf?fbclid=IwAR1AbRyFzUagnthfg9umehJBwrxE1_DRbEN6WAWNgcGVcThZqoBCPaP6-JI

Anexos

Anexo 1. Raíz Sana



Anexo 2. Raíz con grado 1 de afección por P. brassicae



Anexo 3. Raíz con grado 2 de afección por P. brassicae



Anexo 4 Raíz con grado 3 de afección por P. brassicae



Anexo 5. Siembra del cultivar de brócoli



Anexo 6. Comparación de una planta con enraizante y una sin enraizante



Planta A, con enraizante

planta B, sin enraizante

Anexo 7. Aplicación de productos biológicos



Anexo 8. Plantas con síntomas iniciales de Hernia

